

ETM-39

การศึกษาพฤติกรรมของมอเตอร์ไร้แปรงถ่านต่อการเปลี่ยนแปลงองศาของเซนเซอร์สำหรับ รถไฟฟ้าที่ใช้ในการแข่งขันประหยัพลังงาน

An Investigation of the Sensor Angle Variation Effects on Brushless DC Motor Behaviors for Competitive Energy Saving Electric Vehicle

นเร็นต ชัยธานี^{1*}

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 1771/1 ถนนพัฒนาการ, สวนหลวง, กรุงเทพฯ 10250

* E-mail: naren@tni.ac.th, Tel: 0-2763-2600 Ext.2917, Fax: 0-2763-2600 Ext.2900

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการจัดการแข่งขันรถไฟฟ้าประหยัพลังงานกันอย่างมากมายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ หลักสำคัญของการแข่งขันประกอบด้วย การออกแบบโครงสร้างรถให้มีน้ำหนักเบา แบตเตอรี่ คอนโทรลเลอร์ และมอเตอร์ที่ต้องให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเพื่อให้ได้มาซึ่งชัยชนะ ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาพฤติกรรมของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ และแรงบิดของมอเตอร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยนำมอเตอร์ไร้แปรงถ่านยี่ห้อมิซึบะขนาด 60 วัตต์มาทำการทดลองกับชุดทดสอบรุ่น MDSKRS056-33 ของบริษัท Lenze Co., ประเทศเยอรมัน ทำการวัดกำลังไฟฟ้า ความเร็วรอบ และแรงบิดจากมอเตอร์ โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของมอเตอร์ไร้แปรงถ่านต่อการเปลี่ยนแปลงองศาของเซนเซอร์ ซึ่งพบว่าองศาของเซนเซอร์มีผลต่อแรงบิดและประสิทธิภาพของมอเตอร์ดังนี้ 1. ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1000 รอบต่อนาทีขึ้นไปการปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้าทำให้แรงบิดของมอเตอร์มีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่ความเร็วรอบที่น้อยกว่า 1000 รอบต่อนาที แรงบิดมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้า และเมื่อปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่าช้าทำให้แรงบิดมีแนวโน้มลดลงทุก ๆ ความเร็วรอบ 2. ที่ความเร็วไม่เกิน 1100 รอบต่อนาทีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งของเซนเซอร์เป็น 0 องศา ที่ความเร็วรอบมากกว่า 1100 รอบต่อนาทีตำแหน่งที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดมีแนวโน้มไปตามการปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้าเรื่อยๆจนถึงตำแหน่งที่ -3 องศา โดยที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาทีมอเตอร์จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

คำหลัก: มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน, องศาเซนเซอร์, รถไฟฟ้าประหยัพลังงาน

Abstract

At present, electric vehicle competitions are conducted all around the world. Key factors to win the competitions are a lightweight structure, high efficiency battery, controller and motor. One among several interesting factors may affect greatly on brushless DC motor behaviors (e.g., efficiency and torque) is a sensor angle. To study the effect of sensor angle variation on brushless DC motor behaviors, Mitsuba brushless DC motor with a power of 60 W was tested with the testing kit MDSKRS056-33 of Lenze Ltd. by which the power, rotational speed, and torque was measured. The results revealed that, when the rotational speed was higher than 1000 rev/min, advancing the sensor angle provided an increasing torque. However, advancing the sensor angle would contribute a deceasing of torque, if the rotational speed was lower than 1000 rev/min, whereas retarding the sensor angle tended to reduce torque in every rotational speed. With the rotational speed lower than 1000 rev/min, the motor efficiency was found highest when the sensor was set at 0°, while advancing sensor angle increased the efficiency when the rotational speed was higher than 1000 rev/min. Finally, the results could also suggest that the highest efficiency of the motor occurred when the sensor angle was set at -3° with the rotational speed at 1,500 rev/min.

Keywords: Brushless DC motor, sensor angle, Energy saving electric vehicle.

ETM-39

1. บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาสภาวะโลกร้อนถือเป็นปัญหาใหญ่สำหรับคนทั่วโลกที่ให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนและมลพิษทางอากาศก็คือการใช้พลังงานจากฟอสซิลโดยการนำมาเผาไหม้เพื่อเอาพลังงานความร้อนไปใช้งานซึ่งก่อให้เกิดทั้งความร้อนและมลพิษจากไอเสียที่ปล่อยออกมา ดังนั้นการลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล แล้วหันไปหาพลังงานทดแทนอย่างอื่นที่ส่งผลกระทบต่อโลกที่น้อยกว่ากำลังเป็นที่ได้รับความนิยมกันอย่างมากในปัจจุบัน

ยานยนต์ก็เป็นส่วนหนึ่งที่มีการใช้พลังงานจากฟอสซิลเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการหาพลังงานอื่นมาทดแทนพลังงานจากฟอสซิลจึงได้รับความสนใจจากหลายภาคส่วน หนึ่งในทางเลือกนั้นก็คือพลังงานไฟฟ้าซึ่งได้รับความสนใจเป็นอันดับต้นๆ ในการนำมาใช้แทนพลังงานจากฟอสซิล

ในปัจจุบันมีการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนให้มีการพัฒนาทางด้านยานยนต์ให้เป็นระบบไฟฟ้ามากขึ้น จะเห็นได้จากรายการการแข่งขันรถไฟฟ้าประหยัดพลังงานที่มีหลายเวทีทั้งในและต่างประเทศ เช่น รายการ Thailand Eco challenge, Thailand Econo Move, World Econo Move, Shell Eco marathon เป็นต้น

Siripong Sangsarpan และคณะ[1] ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดทองแดงที่ใช้พันมอเตอร์ และจำนวนรอบของขดลวด โดยทดลองกับมอเตอร์ไร้แปรงถ่านยี่ห้อมิซึบะขนาด 60 วัตต์พบว่าที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขดลวด 1.2 มม. และจำนวนรอบของขดลวด 16 รอบให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ 80 เปอร์เซ็นต์

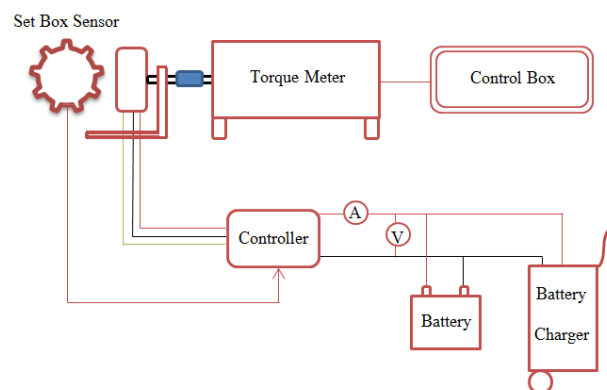
ส่วนงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาพฤติกรรมของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านว่าองศาของเซนเซอร์ส่งผลต่อประสิทธิภาพ และแรงบิดของมอเตอร์อย่างไร โดยนำมอเตอร์ไร้แปรงถ่านยี่ห้อมิซึบะขนาด 60 วัตต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขดลวด 1.2 มม. และจำนวนรอบของขดลวด 16 รอบมาทำการทดลองเช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยมีการปรับเปลี่ยนองศาของเซนเซอร์ เพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้น

2. อุปกรณ์การทดลอง

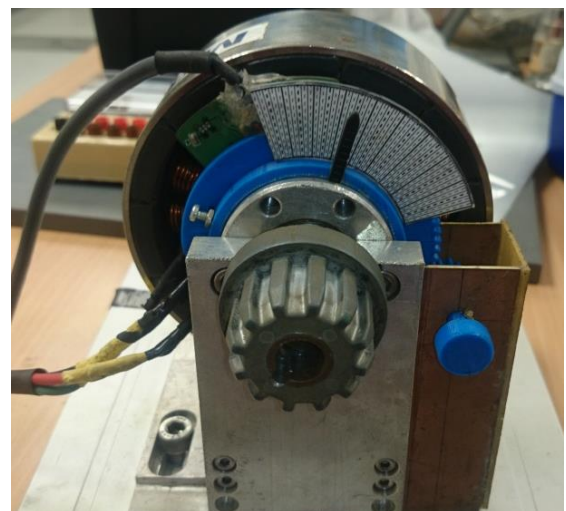
รูปที่ 1 แสดงแผนผังอุปกรณ์การทดลอง โดยมีมอเตอร์ต่อเข้ากับTorque Meter เพื่อวัดแรงบิด และความเร็วรอบของมอเตอร์ และใช้ Control Box เป็นตัวควบคุม โดย Torque Meter ที่ใช้เป็นรุ่น MDSKRS056-33 ของบริษัท Lenze Co., ประเทศเยอรมัน (แรงบิดสูงสุด 4.2 Nm, ความเร็วรอบสูงสุด 4000rpm).

ใช้แบตเตอรี่จ่ายไฟให้กับระบบทดสอบ โดยมีแบตเตอรี่ชาร์จเจอร์ช่วยจ่ายไฟให้อีกทางหนึ่งเพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าไม่ให้ตกเนื่องจากการดึงไฟไปใช้ของชุดมอเตอร์

ใช้โวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าตามลำดับเพื่อหาค่าพลังงานขาเข้ามอเตอร์ (Input power)

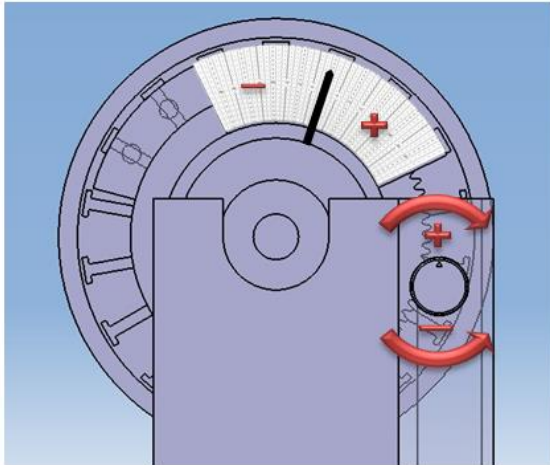


รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 2 Set Box Sensor

ETM-39



รูปที่ 3 การปรับองศาเซนเซอร์

รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 เป็น Set Box Sensor มีหน้าที่สำหรับปรับองศาของเซนเซอร์โดยมีสเกลองศาและเข็มชี้ตำแหน่งบอกองศาและมีปุ่มสำหรับหมุนปรับองศา ทิศทางลบเป็นการปรับเซนเซอร์ไปทางล่งหน้ามีทิศทางสวนกับการหมุนของมอเตอร์ ทิศทางบวกเป็นการปรับเซนเซอร์ไปทางล่าช้ามีทิศทางตามการหมุนของมอเตอร์

3. ขั้นตอนการทดลอง

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ทุกอย่างเสร็จตามแผนผังในรูปที่ 1 แล้วทำการปรับองศาของเซนเซอร์ไปที่ 0 องศา แล้วค่อยสตาร์ทมอเตอร์โดยการบิดคันเร่งที่ตัวคอนโวลเลอร์มอเตอร์ ค่อยๆเร่งไปเรื่อยๆจนสุดคันเร่ง จะได้ความเร็วรอบที่สูงที่สุด จากนั้นทำการใส่โหลดให้กับมอเตอร์โดยการปรับที่ Control Box ของ Torque Meter ให้รอบของมอเตอร์ลดลงทุกๆ 100 รอบต่อนาที ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงบิดมอเตอร์ และความเร็วรอบมอเตอร์

กำลังงานที่จ่ายให้กับมอเตอร์ (Input power) สามารถหาได้จากสมการที่ (1) ส่วนกำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ (Output power) สามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$P_{in} = V \times I \quad (1)$$

P_{in} : Input power (W)

V : Voltage (V)

I : Current (A)

$$P_{out} = 2 \times 3.14 \times N \times T / 60 \quad (2)$$

P_{out} : Output power (W)

N : Rotation speed (rpm)

T : Torque (N·m)

ประสิทธิภาพของมอเตอร์หาได้จากสมการที่ (3)

$$E_{ff} = P_{out} / P_{in} \times 100 \quad (3)$$

E_{ff} : Efficiency (%)

ในการทดลองมีการปรับเปลี่ยนองศาของเซนเซอร์ตั้งแต่ล่งหน้า 9 องศาจนถึงล่าช้า 9 องศา โดยมีการเปลี่ยนองศาของเซนเซอร์ไปที่ละ 1 องศา

4. ผลการทดลอง

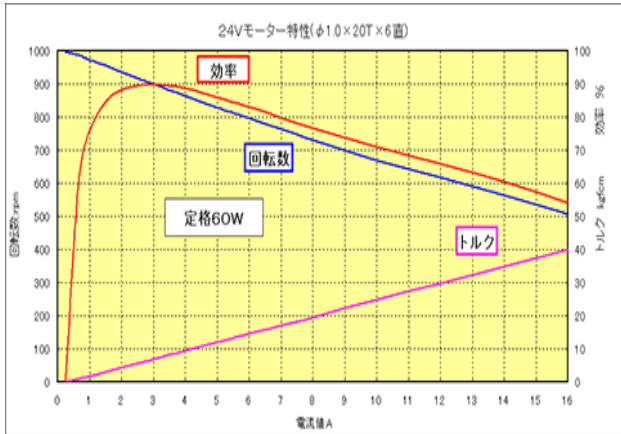
4.1 เปรียบเทียบผลการทดลองกับมอเตอร์ของมิชิบะ

รูปที่ 4 เป็นผลการทดสอบคุณสมบัติของมอเตอร์จากบริษัทมิชิบะ [2] ทำการทดสอบที่แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดทองแดง 1.0 มม. พันจำนวน 20 รอบต่อ 1 โพล ผลที่ได้คือ ช่วงประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานอยู่ที่ช่วงกระแส 1.5 - 4.5 แอมแปร์ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการแข่งขันรถไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 90 % ที่ 3 แอมแปร์ และจะลดลงเรื่อยๆเมื่อกระแสเพิ่มขึ้น

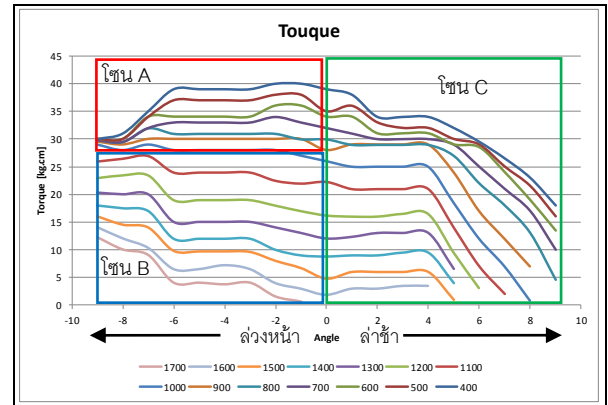
รูปที่ 5 เป็นผลการทดสอบคุณสมบัติของมอเตอร์ของมิชิบะรุ่นเดียวกันที่ห้องปฏิบัติการสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ทำการทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย 30 โวลต์ (เนื่องจากการต่อเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลา) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดทองแดง 1.2 มม. พัน 16 รอบต่อ 1 โพล (จาก [1]) สรุปผลการทดสอบให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ผลที่ได้คือ ช่วงประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานอยู่ที่ช่วงกระแส 2 - 5 แอมแปร์ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการแข่งขันรถไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 87.3 % ที่ 2.7 แอมแปร์ และจะลดลงเรื่อยๆเมื่อกระแสเพิ่มขึ้น

จากผลการทดสอบของมอเตอร์ทั้งสองพบว่า ประสิทธิภาพมีการเปลี่ยนแปลงตามกระแสไฟฟ้าที่เหมือนกัน

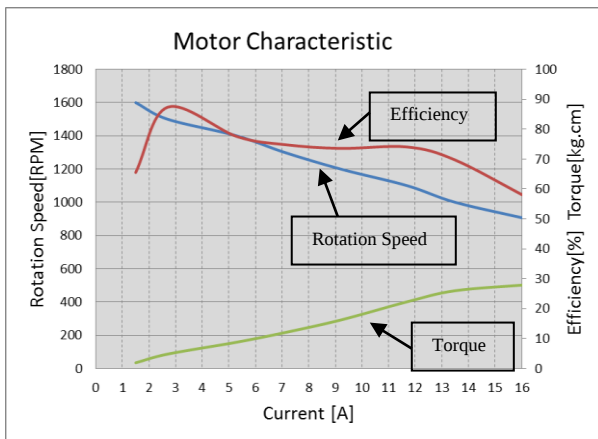
ETM-39



รูปที่ 4 คุณสมบัติมอเตอร์ของมิชิบะ[2]



รูปที่ 6 ผลของแรงบิดต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเซนเซอร์



รูปที่ 5 คุณสมบัติมอเตอร์ของมิชิบะ จากห้องปฏิบัติการสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

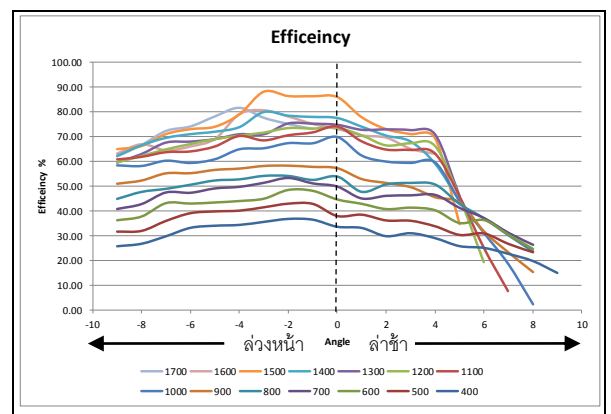
4.2 ผลจากการเปลี่ยนตำแหน่งองศาของเซนเซอร์

4.2.1 ผลต่อแรงบิดของมอเตอร์

จากรูปที่ 6 ผลต่อแรงบิดของมอเตอร์พบว่าที่โซน B เป็นช่วงความเร็วรอบตั้งแต่ 1100 รอบต่อนาทีขึ้นไป การปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้าทำให้แรงบิดของมอเตอร์มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนที่โซน A เป็นช่วงที่ความเร็วรอบน้อยกว่า 1100 รอบต่อนาที พบว่าแรงบิดมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้าและในส่วนโซน C เป็นการปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่าช้านั้นจะทำให้แรงบิดมีแนวโน้มลดลงทุกความเร็วรอบ

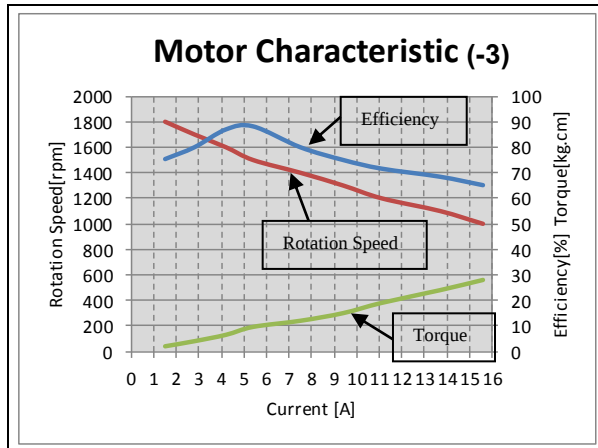
4.2.2 ผลต่อประสิทธิภาพของมอเตอร์

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าที่ความเร็วรอบในช่วง 400-900 รอบต่อนาทีที่ประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ในช่วงที่ตำแหน่งของเซนเซอร์ที่ -2 ถึง 0 องศา และลดลงเรื่อยๆทั้งทางฝั่งองศาเซนเซอร์ล่วงหน้าและล่าช้า ที่ความเร็วรอบในช่วง 1000-1100 รอบต่อนาทีที่ประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งของเซนเซอร์ที่ 0 องศา ที่ความเร็วรอบที่มากกว่า 1100 รอบต่อนาที พบว่าตำแหน่งที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดมีแนวโน้มไปตามการปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้าเรื่อยๆจนถึงตำแหน่งที่ -3 องศา และที่ตำแหน่ง -3 องศาที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาทีเป็นตำแหน่งที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 88.2 % ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งองศาของเซนเซอร์

ETM-39



รูปที่ 8 คุณสมบัติมอเตอร์ที่เซนเซอร์เท่ากับ -3 องศา

5. สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพสูงที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งเซนเซอร์ -3 องศา และที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาทีที่มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.2 % แต่ที่ตำแหน่งนี้พบว่าอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าสูงถึง 5.4 แอมแปร์ ดังรูปที่ 9 ซึ่งไม่เหมาะสมกับรถไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ถ้ามีการนำไปใช้งานกับรถประหยัดพลังงานควรใช้ตำแหน่งองศาของเซนเซอร์ที่ 0 องศา ดังรูปที่ 5 ซึ่งจะใช้กระแสเพียง 2.7 แอมแปร์

ถึงแม้ว่าการปรับองศาของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้ามากกว่า -3 องศา ทำให้ประสิทธิภาพลดลงและใช้กระแสไฟฟ้าค่อนข้างสูงแต่สิ่งที่ได้มาแทนคือ แรงบิดที่สามารถเพิ่มขึ้นได้ ที่ความเร็วรอบสูง ซึ่งจะเป็นผลดีหากต้องการให้ความเร็วรถคงที่ในตอนขึ้นทางชันหรือในตอนที่มีลมมาปะทะ ก็สามารถปรับตำแหน่งของเซนเซอร์ไปทางล่วงหน้าเพื่อช่วยเพิ่มแรงบิดเพื่อชดเชยแรงต้านจากภายนอกได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท MITSUBA (JAPAN) ที่สนับสนุนข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์และให้ชุด Kit Motor และ Controller ในการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Siripong Sangsarpan (2014). Eco Car Challenge using Small Electric Car (1st, Characteristics of Handmade Motor for adapting to Car), The 28th

Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand, Khon Kaen, 15-17 October 2014

[2] <http://www.mitsuba.co.jp/scr/about-scr-project/>,

เข้าถึงเมื่อ 15/01/2558.